

論文

FIT 制度における木質バイオマス供給の課題：宮崎県における「林地残材」の事例^{*1}横田康裕^{*2}

横田康裕：FIT 制度における木質バイオマス供給の課題：宮崎県における「林地残材」の事例 九州森林研究 68：15－19，2015

2012年に「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」(FIT 制度)が施行され、宮崎県でも木質バイオマス発電への取組が活発となり、全国最多の6件の事業計画が公表されていた。宮崎県は、豊富な森林資源と比較的充実した林業基盤を背景に、FITで利用対象となる木質バイオマスの発生量が多く、とりわけ林地残材は今後の活用が期待されていた。しかし、実際に利用可能となる林地残材量は発生量よりも少ないと見込まれており、安定供給の確保が重要課題となっていた。宮崎県における林地残材の流通構造は、商流については、出荷者－集荷者－発電事業者が基本型であり、物流については、山元－集積拠点－チップ加工施設－発電施設が基本型であるが、それぞれ地域の状況に応じて変化型がみられた。林地残材の供給量を安定的に増加させるためには、森林管理・林業活動の振興による発生量の増大と、採算性の向上、出荷者の拡大、商流の整備・促進による利用可能量の増大とが重要と考えられた。

キーワード：FIT、木質バイオマス、林地残材、流通構造、宮崎

I. はじめに

2012年7月、「電気事業者による再生可能エネルギー電気に関する特別措置法」に基づき、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」(FIT 制度)が施行された。日本版 FIT 制度は、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスといった再生可能エネルギー源を用いて発電された電気を、一定の期間、固定した価格で電力会社が買い取ることを義務づけた。買い取り期間と買い取り価格は、再生可能エネルギー源の種類、設定形態、規模などに応じて経済産業大臣が定めることとされている(表-1)。バイオマスは、さらに五つに細分されているが、大きくは非木質系と木質系とに分けて考えられている。後者には、未利用木材、一般木材、リサイクル木材が含まれる(表-1)。ごく単純化するならば、未利用木材とは、山から出てくる木質バイオマスであり、間伐材や特定の森林における主伐材(含む端材、末木、枝条など)が含まれ

る。一般木材は、製材所などの木材加工施設から出てくるものであり、製材等残材が含まれる。リサイクル木材は、居住地域から出てくるものであり、建築資材廃棄物が含まれる。なお、未利用木材と一般木材には、それぞれ公的な証明書が添付されている必要がある、それがなければリサイクル木材として扱われる(表-2)。

こうした高い電気買い取り価格に触発され、現在公表されているだけで53の木質バイオマス発電事業が計画されている^{注1}。その推計需要量は6百万m³を超え、これは2012年の素材生産量の3割以上に相当する(表-3)。このことから、当初から木質バイオマスを集めきれぬのかということが懸念されており、木質バイオマスの確保はFIT 制度において重要な課題とされている。

そこで、本研究では、木質バイオマスの現在の流通構造を明らかにし、安定供給を確保するための課題を解明することを研究課題として設定した。

表-1. FIT 制度における再生可能エネルギー源別の電気買い取り価格と買い取り期間(2014年度)

エネルギー源	太陽光	風力	地熱	水力	
買取価格 (税抜き)	30-37円/kWh	22-55円/kWh	26-40円/kWh	14-34円/kWh	
買取期間	10-20年	20年	15年	20年	
エネルギー源	バイオマス				
	非木質バイオマス		木質バイオマス		
バイオマス種	バイオガス	非木質系 廃棄物	未利用木材	一般木材	リサイクル 木材
買取価格 (税抜き)	39円/kWh	17円/kWh	32円/kWh	24円/kWh	13円/kWh
買取期間	20年				

資料：経済産業省(2014)；林野庁(2012)。

表-2. FIT 制度における木質バイオマス

区分	含まれる木質バイオマス
未利用木材 (32円/kWh)*	1. 間伐材・除伐材 2. 主伐材(端材、末木、枝条などの部位含む)(森林経営計画対象森林、保安林、国有林、官行造林)
一般木材 (24円/kWh)*	1. 製材等残材(原木は、由来の証明がなされたものに 限る) 2. 主伐材(「未利用木材」以外の森林から伐採された主 伐材、輸入材) 3. 非森林由来の木質バイオマス(果樹剪定枝、屋敷林 を伐採したもの、ダム流木など)
リサイクル木材 (13円/kWh)*	1. 建設資材廃棄物 2. 「未利用木材」あるいは「一般木材」と出目が同じだ (20年間)** としても、証明のない木質バイオマス

資料：経済産業省(2014)；香月(2012)。

*：電気の買取価格(2014年度)(税抜き)

**：電気の買取期間(2014年度)

^{*1} Yokota, Y.: Supply system of woody biomass to Feed-In Tariff (FIT) power plant: A case study of "Forest residue" in Miyazaki.

^{*2} 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862, Japan.

表-3. FIT 制度における木質バイオマス発電計画

地方	計画数	定格出力合計 (kW)	推計需要量 (千 m ³ /年)	素材生産量 (2012年) (千 m ³ /年)
北海道	3	42,000	504-840	3,205
東北	8	39,100	469-782	4,379
関東	3	56,800	682-1,136	1,189
中部	10	115,250	1,383-2,305	1,714
近畿	6	43,380	521-867	1,050
中国	6	50,300	604-1,006	1,353
四国	3	42,250	507-845	1,212
九州	14	146,276	1,755-2,926	4,377
合計	53	535,356	6,424-10,707	18,479

資料：バイオマス産業社会ネットワーク（2014）；農林水産省（2014）。

注：石炭混焼発電プラントは除外。

注：定格出力5 kWの発電プラントは、年間60,000-100,000m³の木質バイオマスを利用すると仮定。

II. 調査地・手法

調査地として、木質バイオマス発電事業への取組が活発である宮崎県を選定した。同県では、現在公表されているだけで6件の事業が実施・計画されており、この件数は日本国内で最多である。

宮崎県を対象に、2013年から2014年にかけて、文献調査と聞き取り調査を実施した。聞き取り調査は、県行政、発電事業者、木質バイオマス集荷・出荷者、学術経験者の計11者に対して実施した。

III. 結果・考察

1. 宮崎県の森林・林業・木質バイオマス

(1) 宮崎県の森林資源

宮崎県の森林面積は、589千ha（県土面積の76.2%）であり、2013年3月時点で、157百万m³の蓄積を有し、年間生長量は3.79百万m³であった（宮崎県、2014b）。このうちスギを中心とする人工林については、森林面積は348千ha（県全体の59.0%）、森林蓄積は118百万m³（県全体の74.8%）、年間生長量はスギだけで2.39百万m³（県全体の63.1%）であった。

(2) 宮崎県の林業

宮崎県の2012年の素材生産量は、1.71百万m³で、全国第2位（全国の8.7%）であった（宮崎県、2014b）。樹種別には、スギが中心であり、1.56百万m³（県全体の91.3%）を生産し、全国1位（全国の14.3%）であった。今後も、素材生産量は増大し、200万m³までは増産可能と見込まれていた。

2012年度末時点での林内路網密度は36.8m/ha、林業就業者数は2,690人、高性能林業機械などの保有台数は432台、いずれも北海道に次いで全国第2位であった（宮崎県、2014b）。

(3) 宮崎県の木質バイオマス

宮崎県の発電用木質バイオマスは、大きく「林地残材」、「製材工場等残材」、「建設発生木材」に分類されていた（宮崎県、2013）。2008年の年間発生量は、全体で871千気乾トン/年あり^{注2}、利用量は261千気乾トン/年（利用率30%）であった（宮崎県、2010）。そのうち林地残材の年間発生量は571千気乾トン/年

（771千生トン/年^{注3}）だが、その利用率は0%であった。一方、製材工場等残材と建設発生木材については、年間発生量は、それぞれ253千気乾トン/年、47千気乾トン/年であり、その利用率は、それぞれ90%、70%であった。こうした利用率の差は、林地残材の場合、収集運搬コストが高く採算が合わないのに対し、製材工場等残材と建設発生木材は比較的安価に利用可能なためとされていた（宮崎県、2010）。林地残材の年間発生量の内訳は、「切捨丸太」が23.4万気乾トン（林地残材全体の41%）、「末木」が3.6万気乾トン（同6%）、「枝条」が30.1万気乾トン（同53%）であった（表-4）。林地残材の年間発生量は、過去の7年間をみると、ほぼ安定的に発生していた（宮崎県、2010）。

県は、木質バイオマス発電の原料として、未利用量が多い林地残材の活用に着目しているが、上述のように収集運搬コストが高いことから、まずは発生量（予測値750千生トン/年）の4割の利用（300千生トン/年）を2022年までの目標としていた（表-5）（宮崎県、2013）。

一方、宮崎県内での木質バイオマス発電施設などでの需要見込みは756千生トン/年であり、このうち、林地残材（県内調達分）については369千生トン/年（需要見込み量の49%）と推計されていた（宮崎県、2014a）。未利用木材と一般木材とは、それをを用いて発電した電気の売電価格が異なる（表-1）ため、発電事業者は可能な限り未利用木材を求めているとのことであった。ただ、一部の地域では、既に供給が逼迫しはじめていた。

宮崎県内での発電用木質バイオマスの買い取り価格については、県全体的には定まっておらず、各発電事業者で買い取り価格に差があるとのことであった。ただ、未利用木材で7,000円/m³、一般木材で6,000円/m³（いずれも発電所着価格）が目安の一つとなりつつあるとのことであった。一般的に、未利用木材の価格が、売電価格の差を受けて、一般木材よりも高くなっていった（表-6）。

表-4. 宮崎県における発電用木質バイオマスの発生量と利用状況

区分	発生量 (気乾トン/年)	利用量 (気乾トン/年)	利用率
林地残材	571,118	0	0%
切捨丸太	23.4万 (614,074 m ³ /年)	0	0%
末木	3.6万 (91,372 m ³ /年)	0	0%
枝条	301,284	0	0%
製材工場等残材	252,782	228,439	90%
建設発生木材	46,908	732,835	70%
合計	870,808	261,274	30%

資料：宮崎県（2010；2013）。

表-5. 宮崎県における発電用木質バイオマスの利用目標

区分	目標値（2022年）		
	発生量 (予測値) (千生トン/年)	利用率 (目標値)	利用量 (目標値) (千生トン/年)
林地残材	750	40%	300
製材工場等残材	642	100%	642
建設発生木材	78	95%	74
合計	1,470	69%	1,016

資料：宮崎県（2013）。

表-6. 宮崎県における発電用木質バイオマスの価格（2014年10月現在）

区分	FIT 向け木材価格		製材用木材価格（スギ） （工場着価格）（2012） （円/m ³ ）	パルプチップ用 木材価格（針葉樹） （工場着価格）（2012） （円/m ³ ）
	事業者 A （発電施設着価格）	事業者 B （チップ加工施設着価格）		
「未利用木材」 （32円/kWh）	7,000円/生トン （= 7,000円/m ³ ）	6,000円/生トン （= 6,000円/m ³ ）	7,000- 9,100（φ 8-13cm） 9,600-12,200（φ 14-22cm）	4,700
「一般木材」 （24円/kWh）	6,000円/生トン （= 6,000円/m ³ ）	4,000円/生トン （= 4,000円/m ³ ）	10,400-12,300（φ 24-28cm） 10,100-12,000（φ 30-36cm）	

資料：農林水産省（2014）；宮崎県（2014 a）；聞き取り調査
注：1m³ = 1 生トンとして処理

FIT 制度開始前から木質バイオマスを使用した発電事業は行われていたが、制度開始後、発電用木材価格が上昇していた。他用途の木材価格と比較すると、発電用木材の価格は、パルプチップ用木材と同水準、製材用木材よりも低い水準にあった。

(4) 小括

宮崎県は、豊かな森林資源を有し、林業活動が活発な県である。林業労働者や林内路網、高性能林業機械などの林業基盤も他県に比べて充実している。素材生産量（171 万m³）は、森林の年間生長量（379 万m³）以下であり、量だけを比べると再生産の範囲内におさまっていた。活発な林業活動をうけて木質バイオマスの発生量も多かった（871 千気乾トン/年）。そのうち、製材工場等残材や建設廃材の利用率は比較的高い（それぞれ 90%、70%）のに対し、木質バイオマス発生量の大多数（66%）を占める林地残材の利用率は 0% にとどまっておき、林地残材の利用余地は高いと考える。

林地残材の今後の発生推計量（750 千生トン/年）は需要見込み量（369 千生トン/年）を十分に回っていた。しかし、林地残材の価格によって、どこまで搬出・輸送コストをかけられるのかが変わるため、実際に供給される量は発生量よりも少ないとされていた。県も利用目標を発生量の 4 割としており、全量使えとは見込んでいなかった。一部の地域では既に供給が逼迫しており、豊富な木質バイオマス資源、比較的充実した林業基盤を擁する宮崎県においても、安定供給の確保は重要課題であると考えられる。なお、FIT 制度は既存の木材利用に影響を及ぼさないことを求めているが、供給量の逼迫が深刻になると、どのような運用となるのか注視していく必要がある。

2. 宮崎県における発電用林地残材の流通構造

(1) 商流

林地残材の流通構造のうち商流については、大きく「発電事業者」、「集荷者」、「出荷者」の 3 者により形成されていた。発電事業者には、紙パルプ企業、製材工場といった林産企業と、発電業者（専業）、化学プラント企業、非木質系バイオマス発電業者といった非林産企業とが見られた。集荷者には、県森林組合連合会、発電事業者自身および発電事業者の系列集荷業者、集荷業者、チップ業者がみられた。出荷者には、素材生産業者および森林組合がみられた。

商流の基本型は、出荷者が集荷者に木材を販売し、集荷者がそれを発電事業者へ販売する型であった（図-1）。出荷者-集荷者間、集荷者-発電事業者間それぞれで、量と価格に関する安定取引協定が締結される事例が多かった。出荷者が直接発電事業者

に販売したり、集荷者と出荷者との間に別の集荷者が介在したりする事例もあった。流通体制構築にあたっては、既に集荷網を有する発電事業者側が従来の集荷網を強化する場合と、そうではない発電事業者に向けて出荷者あるいは集荷者が自身のネットワークを強化する場合とが見られた。また、両者が併用されている事例もみられた。

(2) 物流

林地残材の物流に関しては、山元から地域の集積拠点（県森連センターや中間土場など）を経由してチップ加工施設に運ばれ、チップ化したものが発電施設に運ばれる流れが基本型となっていた。チップ加工施設に近い山からは、直接チップ加工施設に運ばれていた（図-2）。

発電事業者が発電施設だけでなく、製材などの加工施設を有し、敷地内の土場で、A 材から D 材まで全て受け入れ、選別する事例もみられた（図-3）。

発電事業者側が山元での木材調達に積極的に乗り出し、中間土場を自前で設置したり、山土場まで木材を引き取りに行く事例もみられた（図-4）。

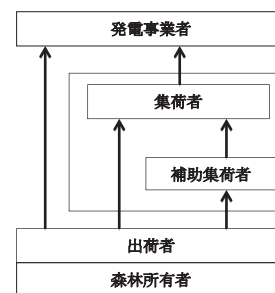


図-1. 宮崎県における「林地残材」の商流
資料：宮崎県（2014 a）；聞き取り調査



図-2. 宮崎県における「林地残材」の物流（基本型）
資料：宮崎県（2014 a）；聞き取り調査

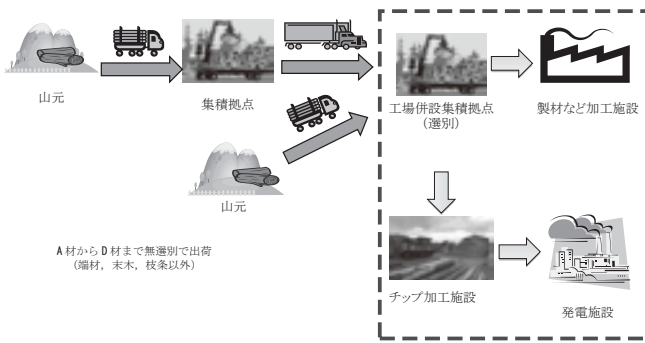


図-3. 宮崎県における「林地残材」の物流（無選別出荷型）
資料：宮崎県（2014 a）；聞き取り調査

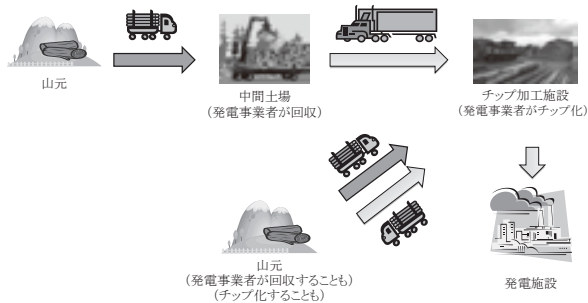


図-4. 宮崎県における「林地残材」の物流（発電事業者集荷型）
資料：宮崎県（2014 a）；聞き取り調査

(3) 小括

宮崎県における発電用林地残材の流通構造は、商流については、出荷者－集荷者－発電事業者が基本型であり、物流については、山元－集積拠点－チップ加工施設－発電施設が基本型であるが、それぞれいくつかの変化型がみられた。

そうした変化型は、それぞれの地域の既存の木材流通や発電事業者と行政・地元業者との関係、さらには供給の逼迫状況を踏まえて形成されていると考えられる。そのほか、物流構造については、発電施設と山元との距離も影響していると考えられる。

とりわけ供給の逼迫については、今後、商流面では発電事業者が出荷者から直接材を調達する動きや、物流面では発電事業者が山元で材を集荷する動きを強めると考える。また、図-3の事例のように、発電事業者側でA材からD材まで全て受け入れるなど、出荷者の利便性の向上をはかる動きも強まると考える。

3. 宮崎県における林地残材の安定供給に向けた課題と取組

宮崎県においては、林地残材の安定供給に向けた取組が見られた。これらは大きく、林地残材の「発生量」そのものを増大させる取組と、「利用可能量」を増大させる取組に分類されていた。

(1) 発生量の増大

発生量の増大については、特に林地残材の発生量を目指した取組はないが、森林管理の促進や林業の振興によって間伐や主伐が促進され、その結果として、林地残材の発生量が増えたとされていた。

(2) 低コスト化による利用可能量の増大

搬出、輸送、加工の各段階における低コスト化は、現在、宮崎

県で最も重視されている対策分野であり、県も木質バイオマスの運搬・加工などに必要な施設整備への支援を行い、また効率的な流通の仕組み作りを検討していた（宮崎県，2014 a）。

搬出コストについては、従来からの林業生産において、全木集材を採用したり、主間伐時に伐採木を全量搬出したりすることなどが検討されていた。

また、全国各地で取り組みがみられる「木の駅方式」の中で行われているような自伐林家などによる持ち込みについて、林道の整備や高性能林業機械の導入が限定的であるときに、輸送コストを削減する有効な方法として検討されていた。ただ、その一方で、新たに発生する集積拠点の管理運営コストを誰が負担するのかが検討課題とされていた。

未チップ化段階の輸送距離の短縮や大量輸送などによる輸送コストの低減を目指して、中間土場や山土場など、より上流段階でのチップ化や集積拠点である中間土場の設置が取り組まれていた。

このほか、輸送コストの低減のために集積拠点におけるトラックスケールの導入や、加工コストの低減のために高性能チップパーの導入などが検討・実施されていた。

なお、林地残材の中でも、切捨丸太や末木については、ある程度まで低コスト化が達成できるとされている一方、枝条についてはコストを下げるのは容易ではないとされていた。

(3) 出荷者の拡大による利用可能量の増大

出荷者の拡大も、重要な対策分野とされていた（宮崎県，2014 a）。県は、FIT 制度に関する普及啓発に取り組んでいた。

発電事業者あるいは集荷者は、末木・枝条の引き取り、A材からD材まで無選別での受け入れ、山土場での引き取りなど、出荷者が負担しているコストを引き受けることに取り組んでいた。

また、自伐林家などによる持ち込み方式は、小規模な森林所有者の参入を容易にする効果があるのではとして検討がすすめられていた。ただ、高齢化し体力がない人には参加が難しく、どれほどの量を集めることが可能かを不安視する意見もみられた。

(4) 商流の整備・促進による利用可能量の増大

そもそも集荷者には、地域内の供給をとりまとめて供給可能量を確実に需要側に届けることが期待されていた。そして、前述のように出荷者－集荷者間、集荷者－発電事業者間それぞれで、量と価格に関する安定取引協定が締結される事例が多かった。しかし、供給が逼迫する中、集荷者が十分な量を確保できなかつたり、それを受けて発電事業者が直接出荷者との交渉に乗り出したりする事例もみられた。

供給側における体制整備として、林業関係団体や森林組合などの供給側の関係主体間での情報共有を目的とする連絡会議が設置されていた。また、地域における供給量の増大、供給のための施設・体制整備、森林所有者への利益還元の仕事作りなどを検討するために、行政、森林組合、森林所有者などから構成される地域協議会が、県内の5つの流域において設置されていた。これらの体制整備は、出荷者・集荷者と発電事業者との間での情報交換・意思疎通を促進しているとのことであったが、地域や県全体での流通のコーディネートまでおこなってはいなかった。

(5) 小括

林地残材の安定供給量を増加させるためには、年間発生量の増大と共に利用可能量の増大が必要であり、前者については森林管

理・林業活動の振興、後者については、低コスト化、出荷者の拡大、商流の整備・促進という取組がみられた。

森林管理・林業活動の振興については、少なくとも素材生産量は順調に伸びると見込まれており、それにあわせて発生量の増大も期待できると考える。ただ、素材生産量の増大の要因として間伐から主伐への転換が行われる場合、全体として発電用の「林地残材」の発生量がどのようになるのかについては、検討が必要となる。なお、主伐が増えると「製材工場等残材」（一般木材）の発生量が増加する。

低コスト化については、一部で供給の逼迫が発生している中、今後、林地残材の中でも、素材生産量の増加に応じて発生量の増加が見込める枝条の利用を増やすために、その利用コストの低減に向けた取組が重要になると考える。

また、現在、低コスト化が熱心に取り組みされているが、その一方で高付加価値化の取組も行い、全体としての採算性を向上させることも重要と考える。高付加価値化については、一般的には、発電事業者側にとって魅力的な原料とすることでより高い原料調達価格を提示させることが想定されている（久保山，2013）。しかし、宮崎県においては、供給の逼迫から原料調達価格の上昇がみられた。とはいえ、価格の上昇が発電事業者側でのコスト負担許容範囲を著しく超える場合は、発電事業者側での原料調達先の変更（他県、海外）を促すこととなるため、供給側でも原料品質の向上及び大量安定供給体制整備の準備をすすめておく必要があると考える。

現在、供給の逼迫から、発電事業者が集荷量を確保する目的で、出荷者への利益還元や負担コストの低減、利便性の向上という取り組みが活発化しているが、これは、既存の出荷者を確保するにとどまらず新規の出荷者を拡大することにつながると考える。

商流の整備については、供給の逼迫をうけて、商流が混乱し、調整がとれない状況も発生していた。この状況は、発電事業者や集荷者にとっての調達コストの増加をもたらす一方、出荷者側にとっては、より有利な販売をもたらしていた。ただ、長期的に見れば、上述のように、調達コストが発電事業者側のコスト負担許容範囲を著しく超えた場合、原料調達先の転換が発生する可能性もある。両者の利益のためにも、地域や県全体の流通をある程度調整することが重要と考える。

IV. まとめ

宮崎県は森林資源が豊富であり、林地残材の発生量も多く、林業基盤も比較的整備されていた。しかし林地残材の安定供給の確保は重要な課題となっていた。

宮崎県における流通構造は、商流については出荷者－集荷者－発電事業者が基本型であり、物流については山元－集積拠点－チップ加工施設－発電施設が基本型であるが、それぞれの地域の

状況に応じて変化型がみられた。

林地残材の安定供給を増加させるためには、年間発生量の増大と共に利用可能量の増大が必要であり、前者については森林管理・林業活動の振興が、後者については、採算性の向上、出荷者の拡大、商流の整備・促進が重要と考えられた。

謝辞

本研究にご協力を頂いた出荷者、集荷者、発電事業者、行政、森林林業関連団体、学識経験者の皆様に深く謝意を表す。また、本研究の実施にあたっては、森林総合研究所交付金プロジェクト「木質バイオマスエネルギー事業の評価システムの開発」（平成25～26年度）、同「木材需給調整手法の解明と新たな原木流通システムの提案」（平成25～27年度）の研究予算を使用した。

文末脚注

- 注1 石炭混焼事業を除く。
 注2 気乾トンとは、自然の温度・湿度下で含水率が平衡状態にあるときの木材の重さを表しており、宮崎県では含水率15%前後としていた（宮崎県，2010）。
 注3 生トンとは、伐採直後（未乾燥）の木材の重さを表しており、宮崎県では含水率50%としていた（宮崎県，2013）。

引用文献

- バイオマス産業社会ネットワーク（2014）バイオマス白書2014（アクセス：2014年5月27日）
<http://ww2.npobin.net/hakusho/2014/index>。
 経済産業省（2014）経済産業省webサイト（アクセス：2015年1月8日）http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html。
 香月英伸（2012）森林技術，846：13-15。
 久保山裕史（2013）木質バイオマスの利用可能性（「木質バイオマス利用の可能性と持続可能な森林経営の実現」シンポジウム講演要旨），10 pp。
 宮崎県（2010）宮崎県木質バイオマス活用普及指針，192 pp。
 宮崎県（2013）宮崎県バイオマス活用推進計画，29 pp。
 宮崎県（2014 a）木質バイオマス発電資源の安定供給体制づくりに向けた取組について（成長産業・TPP対策特別委員会資料），3 pp。
 宮崎県（2014 b）宮崎県の林業・木材産業の動向，22 pp。
 農林水産省（2014）平成24年木材需給報告書，222 pp，農林統計協会，東京。
 林野庁（2012）林野，63：4-7。
 （2014年11月19日受付；2015年1月23日受理）